



Licence Sciences et Techniques (LST)

Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

TACQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

Traitement de surface par voie électrolytique

Présenté par :

◆ FADDOULI IMANE

Encadré par :

- ◆ Pr Mohamed Khalid SKALLI (FST)
- ◆ Mr Khammar CHNOUNI (Société)

Soutenu Le 17 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Pr Mohamed Khalid SKALLI
- Pr Mohamed CHAOUQI
- Pr Jamal ASSOUIK
- Mr Khammar CHNOUNI

Stage effectué à SADF

Année Universitaire 2014 / 2015

SOMMAIRE

INTRODUCTION :	1
-----------------------	----------

PARTIE 1 : Présentation de l'entreprise

I.	Historique	3
II.	Structure de la société	3
III.	Principaux clients	4
IV.	Identification de la société	4
V.	Processus de fabrication des produits	5
1).	La matière première	5
2).	La chaîne de production	5
a)	Modélisation	5
b)	Découpage	6
c)	Gravure	7
d)	Repoussage	7
e)	Fonderie	8
f)	Limage	10
g)	Soudure	10
h)	Décapage	10
i)	Polissage	10
j)	Ravivage	10
k)	Contrôle de qualité	11
l)	Traitement de surface	11
m)	Emballage	12

PARTIE 2 : Processus d'électrolyse à la société SADF

I.	L'électrolyse	15
1)	Définition	15
II.	Equipement du bain d'électrolyse	15
III.	Facteurs influençant l'électrolyse	15
IV.	Dégraissage	16
1)	Définition	16
2)	La saponification	17

3) La détergence.....	18
V. Rinçage.....	19
VI. Bains de dépôt électrochimiques	20
1) Cuivrage	20
a) Cuivre alcalin	20
b) Cuivre acide	22
2) Nickelage	23
3) Pré-argent	25
4) Argent	26
VII. Séchage	27

PARTIE 3 : Traitement de surface sur les plaques de laiton

I. Généralité	29
II. Loi de Faraday	29
III. Estimation des masses déposées sur les plaques de laiton	29
IV. Interprétation des résultats	31

CONCLUSION :.....	31
-------------------	----

REMERCIEMENT

- ✓ Avant d'entamer ce rapport, il apparaît important de commencer par des remerciements à ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de ce stage.
- ✓ Tous d'abord je tiens à remercier la société dinandiers de Fès pour le rôle qu'elle joue dans l'intégration des stagiaires aux sains de la société, sa sensibilisation vis-à-vis des stagiaires en leur accordant des stagiaires.
- ✓ Mes vifs remerciements s'adressent également à Mr.TAHIRI , directeur de la société pour son accueil chaleureux.
- ✓ Mes remerciements s'adressent également à Mr CHNOUNI KHAMAR mon maître de stage pour son honorable encadrement de nous avoir accordé toute leur confiance et pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de cette période sachant répondre à toutes nos interrogations malgré la charge du travail.
- ✓ Depuis ma première journée à la société, j'ai toujours trouvé un accueil bienveillant auprès de lui.
- ✓ C'est avec un grand plaisir que je m'adresse mes sincères remerciements à mon encadrement qui n'a pas épargné aucun effort pour me faciliter la recherche et la mise au point de ce travail par ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail ; ajoutant son talent de l'encadrant connaissances et expériences et son rigueur scientifique m'a beaucoup aidé.
- ✓ Aussi je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous les techniciens avec qui nous avons passé des moments agréables, pour leur sympathie et leur gentillesse.
- ✓ Je tiens à remercier le membre de jury d'avoir accepté de juger ce travail.
- ✓ Enfin je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce manuscrit, mes amis pour leurs conseils, mes proches pour leur soutien.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : les clients nationaux et internationaux de SADP.....	4
Tableau 2 : Carte d'identification SADP.....	4
Tableau 3 : Propriétés des bases	18
Tableau 4 : Mode opératoire de bain de Cuivre Alcalin.....	21
Tableau 5 : Mode opératoire de bain de Cuivre Acide.....	22
Tableau 6 : Mode opératoire de bain de nickel.....	24
Tableau 7 : Mode opératoire de bain de pré-argent.....	25
Tableau 8 : Mode opératoire de bain d'argent.....	26
Tableau 9 : Rendement sur les plaques de laiton	30

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 :Matière première.....	5
Photo 2 :Découpage manuel.....	6
Photo 3 :Machine découpage.....	6
Photo 4 :Gravure traditionnelle	7
Photo 5 :Moules de laiton.....	8
Photo 6 :Machine de repoussage manuel.....	8
Photo 7 :Machine de repoussage automatique.....	8
Photo 8 :Four de fendage des chutes de laiton.....	9
Photo 9 :Moules de sable.....	9
Photo 10 :Chutes de laiton.....	9
Photo 11 :Procédé de moulage.....	10
Photo 12 :Polissage mécanique d'un article.....	11
Photo 13 :Les articles fabriqués au SADP.....	13
Photo 14 :Emballage en sac de plastique.....	13
Photo 15 :Bain de dégraissage.....	17
Photo 16 :Les bains de rinçage.....	20
Photo 17 :Bain d cuivre alcalin.....	21
Photo 18 :Bain de cuivre acide.....	23
Photo 19 :Article nickelé	24
Photo 20 : Bain de nickel	24
Photo 21 :Bain de pré-argent.....	25
Photo 22 :Bain d'argent.....	26
Photo 23 :Plaques d'argent.....	26
Photo 24 :Four de séchage.....	26

INTRODUCTION

De tout temps l'homme à chercher à conserver sa maison, ses outils, sa barque,...et plus récemment ses autres moyens de transport comme la voiture et l'avion. Pour protéger ses biens contre les injures du temps et de l'environnement, il lui a fallu choisir entre :

- Utiliser un matériau intrinsèquement résistant et souvent noble.
- Recouvrir celui par un revêtement ou un matériau plus résistant.

Le revêtement et le traitement de surface des métaux et par les métaux remonte à la naissance de l'utilisation de l'or dans un but décoratif, avant 4000 avant J.C. La dorure et l'argenture (y compris leur dépôt à partir d'amalgames) étaient connues au 13ème siècle après J.C., et l'on procédait déjà au dépôt d'étain sur du fer en Bohême en 1200 après J. C. Au milieu du 19ème siècle, l'électrodéposition des métaux fut découverte ceci ouvrant la voie à de nouvelles possibilités, qui sont toujours en cours de développement. Les propriétés de surface des métaux sont généralement modifiées pour : l'aspect décoratif et/ou le pouvoir de réflexion ; l'amélioration de la dureté ; la prévention de la corrosion. Actuellement, les principaux domaines d'application sont : l'automobile et les transports, les emballages, le bâtiment et la construction.

L'activité de traitement de surface se caractérise par une modification superficielle de l'état de surface des pièces à traiter. Cette modification peut être obtenue par moyens chimiques.

Dans ce rapport mon étude va s'étendre sur la description des différentes tâches et missions réalisées au sein de la SADP.

La partie pratique dans ce stage est une simple opération d'électrolyse sur cinq plaques de laiton de 0.25dm^2 ont passé sur toute la chaîne de production pour devenir propres et lisses et enfin immerger dans les bains électrolytiques.

PARTIE 1:

Présentation de l'entreprise.

I. Historique

SADF, sous cet acronyme se relève, la société des Artisans Dinandiers de Fès. Créée en 1982, son activité principale est la fabrication d'articles de décoration à partir du métal, argent, aluminium, laiton, cuivre et s'est spécialisée dans l'art de la table, l'aménagement des résidences et hôtels en créant des luminaires, des plateaux, des tables, théières, coffrets..., consciente que la recherche et l'innovation sont primordiales dans ce secteur d'activité, SADF s'est préoccupé de la rénovation et de la création, en préservant un cachet traditionnel marocain et en le mariant avec un style contemporain. Les trois vêtustes une société créée en 1985, spécialisée dans la décoration, l'aménagement et l'animation des stands dans les salons professionnels et foires commerciales internationales, ainsi que la fabrication et la commercialisation de tous les produits de l'artisanat marocain (poterie, argenterie, cuir, meubles artisanaux...).

A l'opposé de ce qui est connu dans l'ancienne médina de Fès, la société SADF a intégré un certain nombre d'artisans spécialisés dans différentes disciplines et dont l'habileté de leurs mains donne l'aspect original aux produits. Elle s'est trouvée face à deux stratégies, soit la sous traitement, soit l'intégration de nouvelles activités telles que la menuiserie et la tapisserie.

II. Structure de la société

En plus des dirigeants, la SADF contient environ 166 employeurs, avec 16% de femmes et 84% des hommes.

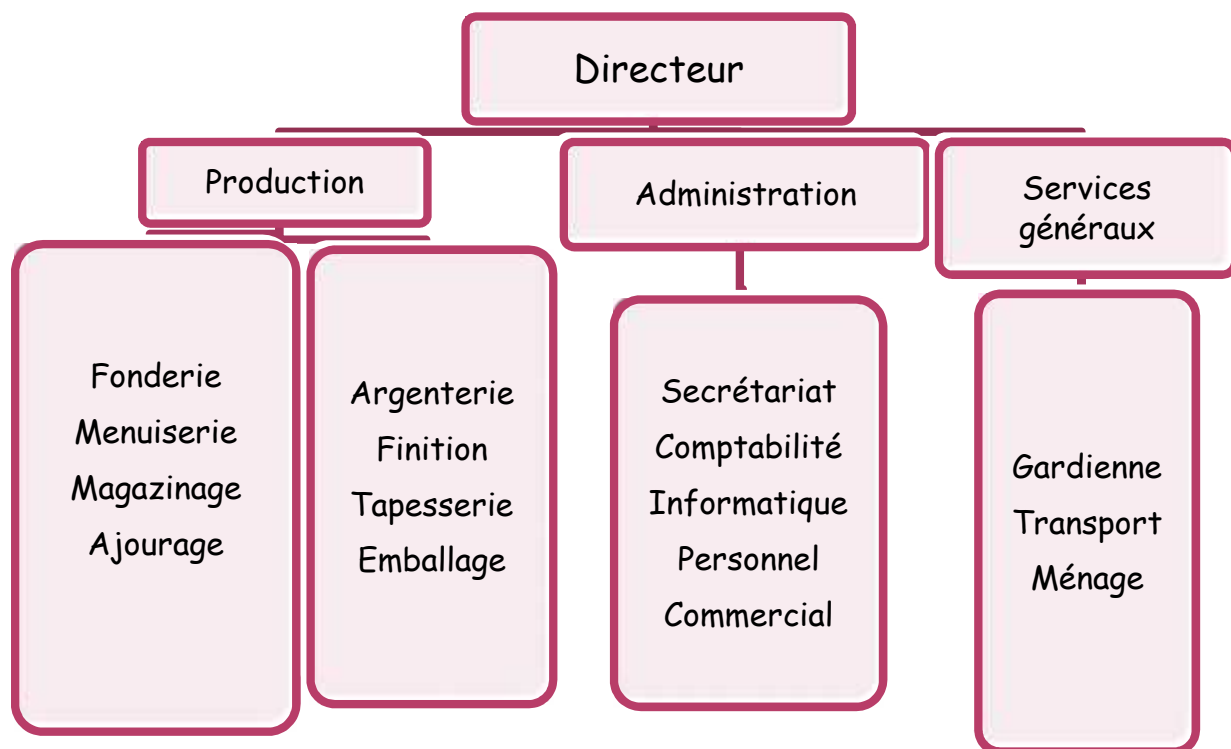


FIGURE 1 : Organigramme de la société SADF.

III. Principaux clients

L'activité de la société n'est pas limitée à l'échelle nationale mais représente le Maroc dans le Maghreb Arabe, mais dans les moyens orientes, dans l'Etas Unis et en Europe.

Clients nationaux	Clients internationaux
- Hotels - Palais royaux - Divers ministère - les associations - Les cients particuliers.....	- Gardes royaux Emirates Arabies Unies(Foire de Dubai et d'Abu Dhabi) - Arabies Saoudite(foire de riad) - Tunisie(Foire de Sfax,de Nabeul,Tunis,Sousa) - Sultanat Oman - Italie(Foire Internationale de Milan) - Allemagne(Foire de Hanover) - Inde;Japon.....

Tableau 1:les clients nationaux et internationaux de SADF.

IV. Identification de la société

Secteur d'activité	Artisanat
Date du lancement de projet	1982
Etats juridique	Société anonyme à responsabilité limitée(SARL)
Directeur de la fabrique	Mr Abderrafie TAHIRI JOUTI
Superficie	2 hectare
Adresse	47.lot industriel bensouda.Fès.Maroc

Tableau 2 : Carte d'identification SADF.

V. Processus de fabrication des produits

1) Matière premier

La matière première utilisée dans la société est le métal « laiton ».Le laiton est principalement un alliage de cuivre et de zinc, bien que du nickel, de l'étain, ou du plomb puisse y être ajoutés. Les mélanges de cyanure de cuivre et de zinc en solution sont largement utilisés pour le dépôt des alliages de cuivre et de zinc dans les applications décoratives. L'alliage déposé contient de 30% à 40% de zinc et de 65 à 80 % de cuivre et sa couleur est le jaune clair. On peut l'utiliser en tant que voile sur un substrat brillant ou si des dépôts plus lourds sont utilisés.

Le laiton se caractérise par la résistance à la corrosion et à la ductilité qui permet au métal de prendre plusieurs formes sans rupture, ainsi que c'est un métal malléable q peut être travaillé

à chaud aussi bien qu'à froid, peu oxydable, avec une température de fusion de 900°C.



Photo 1 : Matière première.

2) La chaîne de production

a) La modélisation

Les pièces de l'article sont élaborées par des modélistes spécialisés sous forme d'exemplaire. Chacun de ces derniers représente la forme, les dimensions, les couleurs et les types de matière première à utiliser pour chaque pièce. Avant la fabrication de l'article, un échantillon représentatif passe par la chaîne de la fabrication et suivi par plusieurs maîtres artisans dont ils peuvent entraîner de modification sur la forme si nécessaire jusqu'à ce qu'il prenne son aspect parfait et souhaité. Cet échantillon représente le modèle à suivre pour la chaîne de fabrication.

b) Découpage

Les formulaires requis de différentes pièces de l'article sont tracés sur les plaques de laiton de différentes épaisseurs, en tenant compte des dimensions mentionnées sur l'exemplaires. Ces plaques sont découpées soit manuellement, soit avec une machine électrique.



Photo 2 : Découpage manuel



Photo 3 : Machine découpage.

c) Gravure

C'est une technique qui consiste à dessiner sur un objet on creusant ou on incisant sa surface, s'effectue avec un appareil appelé le « Burin ». La gravure repose sur la compétence des maitres artisans qui exécutent des motifs décoratifs dessinés sur les surfaces de plaques de

laiton. Il est important de remarquer que ce procédé se repose sur l'habilité des maitres artisans qui dessinent des motifs décoratifs.

- Dessins traditionnels.
- Dessins modernes.
- Dessins voulus par les clients.



Photo 4 : Gravure traditionnelle.

d) Repoussage

Technique qui a pour but de fabriquer les articles sous des formes géométriques voulues et désirées :

- ✓ Repoussage manuel : l'opération est réalisée à l'aide des moules pour que les pièces découpées prennent leurs formes souhaitées. Elle est facilitée par un chauffage à haute température et nécessite un effort humain important.
- ✓ Repoussage automatique : Cette technique nécessite des moules particuliers pour les articles plats, elle est réalisée à l'aide d'une machine à presse.



Photo5 : Moules de laiton.



Photo6 : machine de repoussage manuel.



Photo 7: machine de repoussage automatique

e)Fonderie

Les chutes du laiton provenant de différentes étapes de fabrication sont conduites aux fonderies .Cette fabrication se déroule en trois étapes :

- Fabrication des moules appropriées à partir d'un sable particulier.
- Fendage : on fond le reste des alliages de laiton provenant de différentes étapes de fabrication avec quelques gammes d'aluminium.

- Moulage : l'alliage fondu est coulé dans les moules déjà fabriqué, Après refroidissement, on aboutit à la formation des pièces souhaitées.



Photo 8 : Four de fendage des chutes de laiton.



Photo 9 : Moules de sable.



Photo10 : Chutes de laiton.



Photo 11 : Procédé de moulage.

f) Limage

Les pièces provenant de la fonderie ont des irrégularités qui nécessitent des corrections et une finition pour donner les formes désirées, c'est ce qu'on appelle le limage.

g) Soudure

Elle consiste à assembler les différentes pièces d'un article. Cette fixation est réalisée par des soudures en étain.

h) Décapage

Opération qui consiste à se débarrasser de la couche d'oxyde superficielle, des hydroxydes, des particules métalliques incrustés, formés naturellement ou lors de formage. Ce procédé peut être réalisé par : H_2SO_4 , HCL , HNO_3 .

i) Polissage

Action de polir, rendre les articles lisses et éventuellement brillants à l'aide d'une pâte appliquée sur des disques de tissus tournant à grande vitesse, qui permet de retirer les traces légères.

j) Ravivage

C'est un polissage secondaire qui donne un éclat à l'article et rend sa surface plus vive par l'utilisation d'une pâte rouge et des machines équipées de papier abrasif.



Photo 12 : Polissage mécanique d'un article.

k) Contrôle de qualité

Une série de contrôles est effectuée afin d'avoir une qualité désirée des articles avant de les remettre à l'atelier du traitement des surfaces. Dans le premier temps, une équipe est chargée de détecter les défauts dans chaque article, ensuite une seconde équipe est chargée de corriger tous les défauts détectés précédemment.

l) Traitement de surface

L'activité de traitement de surface se caractérise par une modification superficielle de l'état de surface des pièces à traiter. Cette modification peut être obtenue par moyens chimiques. Les buts de traitement de surface sont multiples : protection contre la corrosion ; décoration (coloration, dépôt brillant...) ; mécaniques (nickelage chimique). Les ateliers de traitement de surface se présentent généralement comme des surfaces sur lesquelles sont implantées les baignoires nécessaires aux résultats escomptés, ainsi que des baignoires de rinçage. Les pièces à traiter sont immergées dans les baignoires formulées avec des produits chimiques dissous dans de l'eau. Après chaque bain les pièces traitées sont rincées avec de l'eau pour éliminer toutes traces de baignoires entre chaque opération. Pour obtenir une surface donnée, les pièces subissent plusieurs traitements dans des baignoires de compositions différentes :

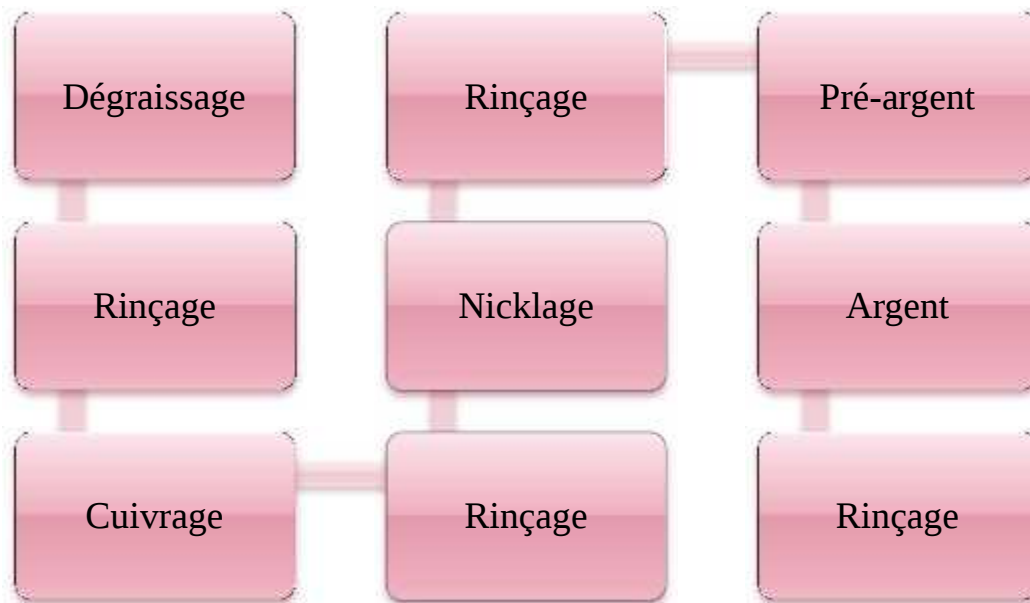


Figure2 : Traitement de surface à la société SADF.

m) Emballage

L’emballage se fait en trois étapes :

- ✓ Equipe de fabrication des emballages : chargée de la fabrication de différents types d’emballage en respectant la forme de l’article.
- ✓ Equipe du contrôle de la qualité des articles avant son emballage : Dans le cas d’un défaut, la pièce est retournée au service de production.
- ✓ Equipe d’emballage : Chargée d’assurer un emballage adéquat pour chaque pièce, pour protéger ces articles contre les chocs, les poussières, l’oxydation....., et pour présenter ces articles convenablement, cette équipe utilise des emballages spécifiques pour chaque article.



Photo 13 : les articles fabriqués au SADF.



Photo 14 : Emballage en sac en plastique.

Partie 2:

Processus d'électrolyse à la société SADF

I. L'électrolyse

1) Définition

Méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. Le traitement électrolytique nécessite une solution d'électrolytes, c'est à-dire capable de transporter le courant ; Deux conducteurs d'électrons (électrodes) et la possibilité de former un circuit ; Du courant, habituellement un courant continu.

Lorsque les électrodes sont raccordées à une source de courant continu, une électrode (la cathode) est chargée négativement, tandis que l'autre (l'anode) est chargée positivement. Les ions positifs (cations) de l'électrolyte se déplaceront vers la cathode et les ions négatifs (anions) vers l'anode. Cette migration d'ions au travers de l'électrolyte constitue le courant électrique dans cette partie du circuit. La migration des électrons vers l'anode, au travers du câblage et d'une source d'alimentation en courant électrique (fournie par des redresseurs), puis leur retour vers la cathode, constituent du circuit externe. L'électrolyte convertit donc l'énergie électrique en énergie chimique.

Les anodes sont généralement en métal souhaité à recouvrir. À ce stade, le métal s'oxyde selon la réaction :



Les articles sont eux-même considérés comme des cathodes en laiton. Les ions de métal en solution se réduisent sur les pièces tout en transformant en une petite couche sur ces pièces selon la réaction :



II. Equipement du bain d'électrolyte

-Bain : Sont protégés contre les attaques de certains électrolytes par un revêtement intérieur de Caoutchouc ou de PVC.

-Générateur : Constitue la source d'énergie qui sera transformée en une énergie chimique.

-Chauffage : Les baignoires sont équipées d'un système de chauffage assuré par les thermoplongeurs avec une régulation thermostatique, pour réduire l'échange d'énergie

avec le milieu extérieur, on utilise les boules de plastiques flottantes sur les surfaces du bains .

Agitation : L'agitation mécanique ou par air surpressé favorise le nivellement.

Filtration : Une filtration en continu de l'électrolyte est préconisée, au bas de l'échelle on trouve les feuilles de papier filtre insérées habituellement dans des filtres recouvertes de charbon actif (le charbon actif est utilisé pour absorber des substances organiques indésirables, doit être renouvelé fréquemment).

III. Facteurs influençant l'électrolyse

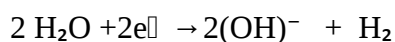
- Surface de la pièce : Plus la surface d'échange est grande, plus l'intensité du courant est élevée.
- Vitesse de dépôt : Elle est proportionnelle avec la densité de courant traversant la pièce à plaque.
- Température et le temps d'immersion : Ils améliorent le rendement de dépôt du métal.

IV. Le dégraissage électrolytique

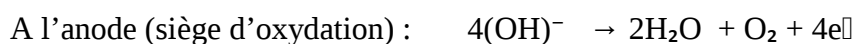
1) Définition

Le dégraissage est le fait d'enlever les traces de graisse (et d'huile) d'une pièce. C'est une étape préparatoire indispensable à une opération de traitement de surface, il consiste un simple nettoyage, il n'y a pas d'attaque de métal.

Le dégraissage électrolytique a pour but de rendre le substrat particulièrement actif. Celui-ci retrouve ses qualités originelles et mécanique du au dégagement gazeux est important. Généralement la pièce à traiter est reliée à la cathode (siège de réduction) :



Il y a formation d'ions OH^- ainsi qu'un important dégagement d'hydrogène qui réduit les oxydes présents sur la pièce ; la forte alcalinité qui entoure la pièce exerce une puissante action **saponifiante** et **émulsifiante**. Il faut cependant faire attention car la faible taille de l'atome d'hydrogène peut lui permettre de diffuser dans le métal de base, surtout à faible densité de courant, et de le fragiliser.



La formule de base du bain est la suivante :

- Cyanure de Sodium10kg.
- La soude caustique.....70kg.
- Carbonate de sodium.....183kg.
- Phosphate trisodique.....6kg.
- AB 40(savon).

SADF utilise un bain de fer inoxydable de capacité de 1800 litres, l'eau utilisée pour le dégraissage est l'eau minéralisée.

Les conditions de travail les plus fréquents sont :

- pH.....11-12.
- Temps de traitement.....5-10min.
- Degré baumé.....15-17g/l.
- Densité de courant.....25A/dm².
- Température ambiante.



Photo 15 : Bain de dégraissage.

NB : L'élimination du film huileux s'effectue schématiquement par deux modes d'action :

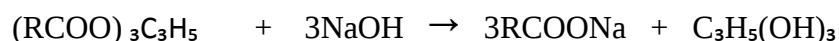
-Saponification : Réaction chimique entre l'huile et une base (solution alcaline) qui permet l'élimination du corps gras d'origine animal ou végétal.

-La détergence : Agent tensioactif permettant de décoller les salissures ainsi l'élimination du corps gras d'origine minéral.

2) La saponification

Décomposition de la pellicule graisseuse.

Réaction en présence d'une base forte, exothermique :



Acide gras

base

sel d'acide gras

glycérine

(Savon)

Produits : glycérine et un sel alcalin d'acide gras, soluble dans l'eau.

-Propriétés chimiques des bases présentent dans le bain :

La soude caustique(NaOH)	Carbonate de sodium(Na_2CO_3)
Elle ne possède pas de propriétés détergentes mais il apporte une réserve d'alcalinité permettant la neutralisation des acides gras et la saponification des corps gras.	C'est un alcalin moyen, il neutralise tous les acides en donnant des sels de sodium et en dégageant du gaz carbonique. Il a une alcalinité plus faible que la soude mais elle est sous forme stable.

Tableau 3 : propriétés des bases

3) La détergence

a) Action des agents tensio-actifs

Le déplacement du film gras de la pièce vers le bain est appelé émulsification (mise en suspension ou dispersion du corps gras dans un liquide), les produits qui sont responsable sont les tensioactifs.

Les tensioactifs : complexes qui permettent de décoller et empêcher la redéposition des corps gras sur la surface du métal, ainsi la diminution de la tension superficielle de la phase aqueuse, meilleure solvabilité de la graisse. Ils sont constitués de deux groupes d'atomes liés de façon covalente ; l'un hydrophile, à tête polaire compatible avec l'eau, l'autre hydrocarboné, compatible avec les corps gras, donc hydrophobe. Ils sont dits amphiphiles.

Dans un tensioactif, la coexistence de deux entités d'affinité opposée ; hydrophile (qui aime l'eau) lipophile (qui aime l'huile) introduit deux effets physiques : abaissement de la tension superficielle eau/corps gras, et la formation d'un assemblage moléculaire en micelle.

Les micelles sont les plus petits assemblages de tensioactifs existant dans le liquide. Dans l'eau, les micelles sont dites « directes » lorsque l'assemblage de tensioactifs se constitue avec les têtes polaires du tensioactif orientées vers l'extérieur et au contact de l'eau et ses chaînes hydrocarbonées rassemblées au cœur de la micelle hydrophobe.

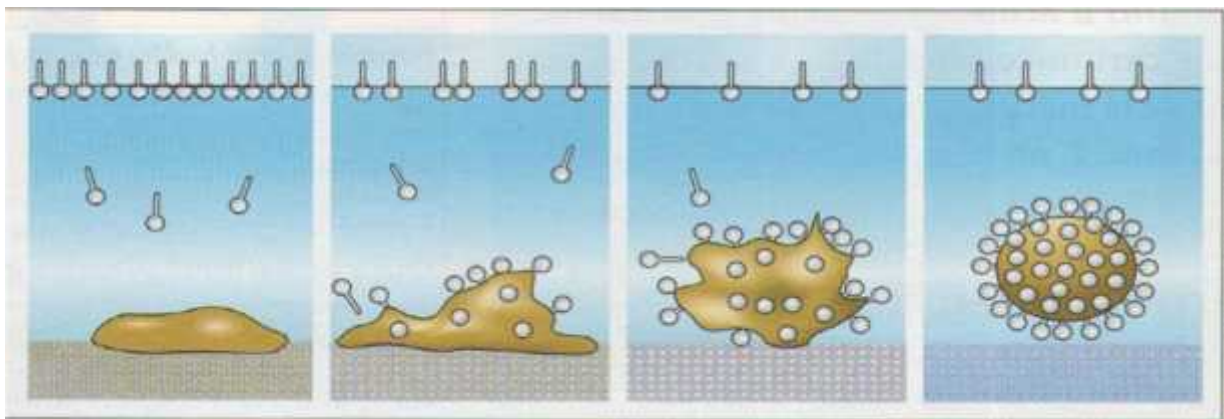


Figure 3 : Mécanisme de tensio-actif.

-Les tensio-actifs utilisés à la société SADF sont : AB40 ou bien phosphates trisodique

Propriétés détergentes du phosphate trisodique :

- -Un excellent pouvoir dispersant qui favorise le découlement.
- -Très bon agent tampon « une propriété agréable de détergent » .
- -Il fractionne les particules de graisses instables pour qu'elles se dispersent en gouttelettes de très petite taille qui deviennent finalement stable et facile à rincer.

V. Rinçage

Principalement deux actions :

- 🚰 Elimination des résidus du bain précédent et des poussières.
- 🚰 Joue le rôle de barrière anti-pollution entre deux traitements.

But : Diluer les pellicules de solution restante sur le matériau dans les eaux de rinçage, éviter d'amener les traces d'ions provenant du bain précédent qui peut altérer le bain suivant.

C'est opération se situe après chaque opération du bain actif.

Les pièces traitées au bain de dégraissage sont rincés dans 3 bains de rinçage dont le pH se décline du première jusqu'au le troisième.



Photo 16 : les bains de rinçage.

VI. Bains de dépôt électrochimique :

1) Cuivrage

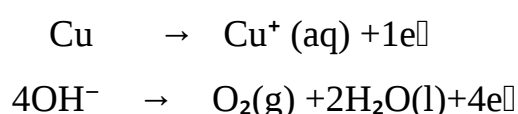
Les dépôts électrolytiques de cuivre, qu'ils soient brillants ou mats, ont des utilisations décoratives ou techniques. En raison de sa couleur (métal rouge), de la facilité de son polissage, le cuivre devient un revêtement attrayant, pour les applications fonctionnelles, il est déposé pour lui-même ou comme sous couche avant dépôt de nickel.

a) Cuivre alcalin

Cet électrolyte est particulièrement destiné avant le nickel brillant ou encore avant cuivre acide brillant, il donne au laiton l'aspect du cuivre en recouvrant ce métal dans le bain ou les anodes sont à la base de cuivre.

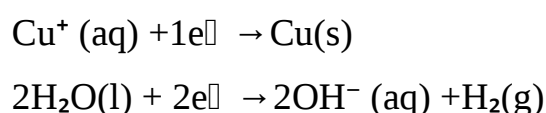
➤ A l'anode :

-Sont des plaques de cuivre, immergées dans la solution et déposées sur les barres de cuivre. Le cuivre se dissocie en donnant Cu^{2+} , cette anode a pour but de régénérer les pertes de ces cations en solution et de fermer le circuit en conduisant le courant.



➤ A la cathode :

-Les pièces jouent le rôle de la cathode.



Compositions du bain(900l)	Conditions opératoires
• Cyanure de cuivre CuCN • Cyanure de sodium NaCN • Soude caustique NaOH • Sel N°11. • Sel N°1. • Les additifs : -Brillanteur ULTUNAL -Brillanteur Base -Mouillante -Epurateur • Anode : Plaques de cuivre ; et des chutes de cuivre ensachées en panier en Titans.	• Température : 35°C à 40°C • Temps de traitement : 2 à 5min • pH : 11. • Degré baumé : 14 • Densité courant : $0.5 - 3 \text{ Am/dm}^2$ • Agitation mécanique. • Traitement complet : -H_2O_2 (2g/l) -charbon actif(3g/l) -permanganate de potassium (200g/l).

Tableau 4 :Mode opératoire du cuivre alcalin.

NB : l'ajout de le charbon actif peut entrainer une dissolution des additifs présentent dans la solution, il est donc nécessaire de les ajouter après le traitement.



Photo 17 : Bain de cuivre alcalin.

b) Cuivre acide

-Permet d'obtenir un revêtement plus épais que le cuivre alcalin ,ce cuivrage est effectué de même manière que le cuivrage alcalin sauf qu'ici,l'anode est constituée d'une grosse plaque métallique ,composée d'une grand quantité de cuivre et d'une portion de phosphore (5%),ce dernier joue un rôle de catalyseur dans la réaction électrolytique, le cuivrage acide utilisé souvent pour les pièces de décoration.

➤ **A l'anode :**



➤ **A la cathode :**



Composition du bain (600l)	Conditions opératoires
• Sulfate de cuivre CuSO_4 • Acide sulfurique H_2SO_4 • Additifs : -CUBRAC brillant. -CUBRAC nivelant. -CUBRAC base. • Mouillant. • Anodes : Plaques de cuivre contenant une portion de phosphore ;et des chutes de cuivres ensachés dans les paniers de Titans.	• Température : Ambiante. • Temps de traitement : 15-20min • $\text{pH} \leq 4.4$ • Degré baumé : 19-25g/l • Densité courant : $2\text{A}/\text{dm}^2$ • Agitation mécanique. • Filtration par charbon actif. • Traitement complet : -$\text{H}_2\text{O}_2(2\text{g}/\text{l})$ -charbon actif(3g/l) -permanganate de potassium(200g/l)

Tableau 5 : Mode opératoire de bain de cuivre acide.



Photo 18 : Bain de cuivre acide.

3) Nickelage

Le dépôt de nickel offre un revêtement lisse, un niveau élevé de réflectivité et un revêtement résistant à la corrosion au dessous d'une gamme de revêtements de finition à but décoratif, ainsi favoriser le dépôt d'un autre métal.

La source principale de nickel est le NiSO_4 , le NiCl_2 fournit des ions chlore qui assurent une bonne dissolution des anodes et augmente la conductivité de l'électrolyte .le H_3BO_3 joue le rôle de tampon du pH, il limite le dégagement d'hydrogène à la cathode et contribue à l'amélioration de la brillance et de la ductilité des dépôts.

- A l'anode : $\text{Ni(s)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
 $2\text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$
 $2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$
- A la cathode : $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni(s)}$
 $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$

Durant le nickelage, on accroche toutes les pièces à la barre cathodique et on place à l'anode plusieurs plaques du métal de nickel .Lorsque le courant passe ,les ions (+)du nickel migrent vers le pole négatif(pièces) et se déposent sous forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend du temps d'immersion .

Compositions de bain(1800l)	Conditions opératoires
- Sulfate de Nickel : NiSO_4 - Chlorure de nickel : NiCl_2 - Acide borique : H_3BO_3 - Additifs : -Brillanteur. -Mouillant. -Nivelant. -Fixateur. - Anodes : plaques de nickel ensachées dans des sacs.	- Température : 60 -70°C. - Temps de traitement : 10-15min. - pH =3.8 à 4.4 - Degré baumé :25 à30 g/l - Densité courant : 3 à 5 A/dm² - Filtration par charbon actif. - Agitation mécanique. - Traitement complet : -H_2O_2 -charbon actif. -permanganate de potassium.

Tableau 6 : Mode opératoire de bain de nickel.



Photo 19 : un article nickelé.



Photo 20 : Bain de nickel.

NB : - Si le cuivre entre dans le bain de nickel, on fait une purification électrolytique .Ce procédé est utilisé pour éliminer le cuivre , cette épuration sélective s'effectue sur des tôles ondulées d'une surface aussi grande que possible ,ces tôles seront préalablement sablées et bien dégraissées, elles seront déposées sur le cathode pendant une nuit durant quatre jour .

Les articles sont rincés avant et après le nickelage dans un bain contenant le H_2SO_4 , puis dans trois bains du rinçage pour la neutralisation.

3) Le pré-argent

Cette étape a pour but de déposer une faible couche d'argent pour éviter toute transmission des impuretés au bain d'argent.

- A l'anode : $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$
- A la cathode : $\text{AgCN}(\text{s}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{CN}^-(\text{aq})$
- $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$

Compositions du bain (900l)	Conditions opératoires
• Cyanure d'argent AgCN • Cyanure de potassium KCN • Anode d'inox. • L'eau déminéralisée.	• Température ambiante. • Temps de traitement : 10 à 15s • pH=11 • Densité courant : 4 à 5A/dm² • Degré baumé : 17g/l • Filtration par charbon actif.

Tableau 7 : mode opératoire de bain de pré-argent .



Photo 21 : Bain de pré-argent.

4) Argent

Le bain d'argenteure permet l'obtention d'un dépôt brillant et très épais, c'est un électrolyte cyanuré, travaillant à température ambiante .Son pouvoir de pénétration est excellent .La pièce doit être cuivrée et nickeler auparavant, l'argent offre une bonne résistance à la corrosion et présente une bonne tenue à l'oxydation atmosphérique et à la valeur d'eau.

Les articles sont reliés sur la plaque cathodique à faible intensité de courant électrique, l'anode est composé de plusieurs plaques pur d'argent pour augmenter la concentration des ions d'argent dans la solution, et des plaques d'inox pour imposer le courant dans la solution et pour augmenter la masse.

- A la cathode : $\text{AgCN(s)} + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)} + \text{CN}^-(\text{aq})$
 $2\text{H}_2\text{O (l)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
- A l'anode: $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O(l)} + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$
 $\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^-$

Compositions du bain (900l)	Conditions opératoires
• Cyanure d'argent AgCN • Cyanure de potassium KCN • Additifs : - o SELVRIUMbrillanteur. - o SELVRIUM base. - o SELVRIUM nivelant. - o EPUTATEUR d'argent. • Mouillant. • Anode : plaques d'argent et plaques d'inox.	• Température : ambiante. • Temps de traitement : 5 à 10 min (peut être 45min pour les articles de palais royal) . • PH =12 • Densité courant :0.1 à 1.5A/dm² • Degré baumé : 35 g/l • Filtration par charbon actif. • Agitation mécanique.

Tableau 8 : Mode opératoire de bain d'argent.



Photo 22 : Bain d'argent



Photo 23 : Plaques d'argent.

VII. Séchage

Les pièces sont rincées puis séchées à des températures allant jusqu'à 130°C.



Photo 24 : four de séchage.

Partie 3:

Traitement de surface sur les plaques de laiton

I. Généralité

Si on applique une différence de potentiel suffisante entre deux électrodes plongeant dans une solution électrolytique, on observe le passage d'un courant électrique et simultanément une série de réaction chimique à la surface de courant électrode-électrolyte, dégagement gazeux, dépôt de substances, dissolution des électrodes, apparition de nouvelles substances.

Dans cette partie, on va effectuer des différents étapes de traitement de surface sur cinq plaques de laiton de 0.25dm² afin d'appliquer le loi de Faraday .Au premier lieu, les cinq plaques sont immergées dans le bain de dégraissage pour éliminer tous les graisses et les résidus huileux.

- Conditions opératoires de dégraissage :
 - Température : Ambiante.
 - Temps de traitement : 5min.

II. Loi de Faraday

Quand une mole de cation M^{n+} se réduit et se dépose en une mole de métal sur une électrode, il a besoin n moles d'électrons correspondant à une quantité d'électricité Q .

$$Q = n \cdot F \cdot M_{th} / M \quad \text{donc :} \quad M_{th} = Q \cdot M / n \cdot F$$

-On sait que : $i = dq/dt \rightarrow Q = \int_0^t i dt = I \cdot t$ (car le courant est continu)

I = l'intensité de courant(A).

t = temps d'immersion (s).

M_{th} = masse théorique.

n = nombre d'électrons.

F = constante de Faraday = 96500 c/mol.

M = masse molaire du métal en solution g/mol.

Le calcul de rendement permet de déterminer l'efficacité d'une synthèse chimique.

$$R = (M_{\text{exp}}/M_{\text{th}}) * 100$$

III. Estimation des masses déposées sur les plaques de laiton

1. Conditions de travail

	Cuivre alcalin	Cuivre acide	Nickel	Argent
Température	T=35°C	Ambiante	T=60°C	Ambiante
Temps	t=10 min	t= 20 min	t=15 min	t= 15 min
Courant	I=6 A	I=4 A	I= 3 A	I= 0.5 A

-Les données : $M(\text{Cu}) = 63.5\text{g/mol}$; $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$ $n=2$.

$M(\text{Ag}) = 107.9\text{g/mol}$; $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + 1e^-$ $n=1$.

$M(\text{Ni}) = 58.7\text{g/mol}$; $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2e^-$ $n=2$.

2. Calcul de rendement:

Traitement	Masse avant le dépôt	Masse après le dépôt	Masse expérimentale	Masse théorique	Rendement
Cuivre alcalin	8.44g	8.63g	8.63-8.44= 0.19g	$M_{\text{th}} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 63.5}{2 \cdot 96500}$ =1.19g	$R = \frac{0.19}{1.19} \cdot 100$ =16%
Cuivre acide	8.43g	9.20g	0.77g	$M_{\text{th}} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 60 \cdot 63.5}{2 \cdot 96500}$ =1.58g	$R = \frac{0.77}{1.58} \cdot 100$ =48.73%

Nickel	8.49g	8.71g	0.22g	$M_{th} = \frac{3 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 58.7}{2 \cdot 96500}$ =0.82g	$R = \frac{0.22}{0.82} \cdot 100$ =26.82%
Agent	8.48g	8.67g	0.19g	$M_{th} = \frac{0.5 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 107.9}{1 \cdot 96500}$ =0.50g	$R = \frac{0.19}{0.50} \cdot 100$ =38%
Plaque immergé dans tous les bains.	8.49g	9.13g	0.64g	$M_{th}' = 1.19 + 1.58 + 0.82 + 0.5$ =4.09g	$R = \frac{0.64}{4.09} \cdot 100$ =15.64%

Tableau 9 : Rendement sur les plaques de laiton de 0.25dm²

IV. Interprétation des résultats

On observe que le dépôt de cuivre dans le milieu alcalin est plus faible que celui de milieu acide, ceci est dû à l'acidité de l'électrolyte qui est mené à pH acide, par addition de l'acide sulfurique qui favorise la bonne dissolution anodique ; le bon transfert des cations en présence du phosphore (catalyseur).

Il est nécessaire de vérifier chaque jour avant le traitement, le degré baumé des bains de processus.

L'aréomètre de baumé : est un instrument permettant de mesurer la concentration d'un liquide ou la densité d'une solution. Le principe des corps flottants régit le fonctionnement de cet appareil.

CONCLUSION

L'unité de traitement de surface connaît différents problèmes de différentes natures, le secteur d'industrie de traitement consomme une grande diversité de matière première, ainsi que de grandes quantités d'eau par rapport à la taille des installations industrielles dont il dispose.

Ce stage effectué au sein de la société, m'a permis de voir l'application du procédé d'électrolyse à l'échelle industrielle et de comprendre le phénomène de traitement de surface. Cette expérience m'a montré que plusieurs facteurs influencent sur le dépôt électrolytique tels que: pH solution, Température, densité du courant, le temps d'immersion, la concentration d'électrolyte, et l'ajout des brillanters.

Enfin ,pour moi le plus intéressant dans ce stage ,c'est qu'il m'a permis de découvrir un nouveau domaine, ainsi de connaître le monde industriel avec des gens aussi simples et gentils.

WEBOGRAPIES

<http://fr.wequippedia.org/wiki/cuivrage>

<http://www.google.com/électrolyse>

<http://www.memoire.ma>